

## Измерительно-аналитический комплекс для исследования локальных вольт-фарадных характеристик полупроводниковых барьерных структур на базе АСМ

Д.С. Кусакин, В.Г. Литвинов, А.В. Ермачихин

*ФГБОУ ВО Рязанский государственный радиотехнический университет, 390005, Рязань, Россия  
kusakin.d.s@rsreu.ru*

Разработан автоматизированный измерительный комплекс для локального исследования вольт-фарадных характеристик полупроводниковых структур на основе зондовой системы атомно-силового микроскопа.

## Measuring-analytical complex for investigation of local C-V- characteristics of semiconductor barrier structures on the basis of AFM

D.S. Kusakin, V.G. Litvinov, A.V. Ermachikhin

*Ryazan State Radio Engineering University, 390005, Ryazan, Russia*

Automated measuring complex for local research of capacitor-voltage characteristics of semiconductor structures based on the probe system of an atomic force microscope has been developed.

Одним из перспективных направлений при развитии методик исследования электрофизических свойств полупроводниковых структур является объединение существующих электрофизических методов и адаптация их к использованию совместно с техникой зондовой микроскопии, что позволит локализовать области исследования до 10 нм, связанное с использованием проводящих зондов атомно-силового микроскопа (АСМ) [1]. Для создания контакта зонд-образец используется проводящий зонд АСМ. Причем зонд должен быть целиком изготовлен из проводящего материала. В процессе измерения проводящие покрытия подвержены термическому разрушению, что делает невозможным проведение экспериментальных исследований.

АСМ используется для поиска исследуемого нанообъекта при сканировании и подвода зонда в нужную точку. Кроме того, в АСМ возможно подключение дополнительных измерительных приборов непосредственно к зонду (генератора, осциллографа, высокочувствительного усилителя, RLC-метра и т.д.), что делает возможным исследование изменения емкости, заряда, протекающего постоянного, переменного, релаксационного электрического тока через систему зонд-образец от времени при импульсном воздействии напряжением [1].

На базе атомно-силового микроскопа был собран измерительно-аналитический комплекс (Рис. 1).

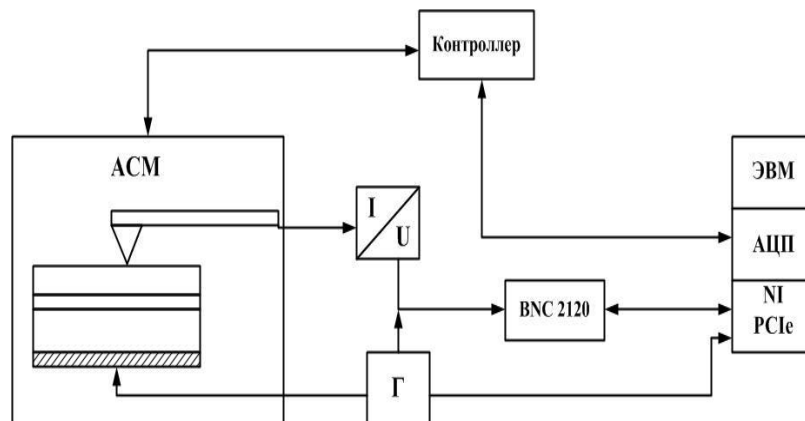


Рисунок 1. Структурная схема измерительно-аналитического комплекса [2].

С помощью контроллера осуществляется подвод/отвод проводящего зонда к образцу и сканирование поверхности образца. Управление сканированием осуществляется с помощью специализированной программы, установленной на ЭВМ. ЭВМ подключена к контроллерам через плату ЦАП-АЦП [2].

Преобразователь ток-напряжение был изготовлен с использованием быстродействующего операционного усилителя LTC с уровнем входного тока 1 пА. Для минимизации электрической емкости соединения преобразователь был помещен в корпус измерительного столика АСМ [3].

С генератора импульсов подаются непосредственно на образец импульсы напряжения пилообразной формы [3]. Сигнал поступает на преобразователь ток-напряжение. Далее сигнал поступает через плату АЦП в ЭВМ, где обрабатывается. Результатом обработки является локальная вольт-фарадная характеристика точечного барьерного контакта, сформированного зондом АСМ. Для обработки и визуализации полученных результатов в среде программирования LabVIEW разработана программа [2]. В Таблице 1 представлены технические характеристики разработанного измерительного комплекса.

Таблица 1 – Характеристики измерительно-аналитического комплекса

Параметр	Значение
Диапазон измеряемой емкости	100 аФ...100 пФ
Диапазон напряжений	-5... +5 В
Диапазон измеряемых токов	2 пА ... 10 мкА
Диапазон dU/dt	0,1...10 <sup>5</sup> В/с

Таким образом, в данной работе описан разработанный измерительно-аналитический комплекс для исследования локальных вольт-фарадных характеристик. В качестве измерительной ячейки используется АСМ микроскоп. Контакт осуществляется с помощью проводящего зонда АСМ. Комплекс применяется для локальных электрофизических исследований материалов полупроводниковой электроники [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-32-00342) с использованием оборудования Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп) при ФГБОУ ВО «РГРТУ» (ckp.rsreu.ru) в НОЦ неупорядоченных и наноструктурированных материалов и устройств на их основе (ННМУ).

1. Д.С. Кусакин, В.Г. Литвинов, *Измерение электрической емкости точечного барьерного контакта металл-полупроводник*, Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, **4(54-2)**, 132 (2015).
2. Д.С. Кусакин, А.В. Ермачихин, В.Г. Литвинов *Измерительный комплекс для локального исследования электрофизических свойств полупроводниковых структур*, XV Международная конференция NIDays-2016, 157 (2016).
3. Д.С. Кусакин, В.С. Литвинова, В.Г. Литвинов, Ю.В. Воробьев, Н.Б. Рыбин, *Методика локального измерения электрической емкости фемтофарадного диапазона точечного барьерного контакта металл-полупроводник*, Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, **4(50-2)**, 122 (2014).
4. Д.С. Кусакин, В.Г. Литвинов, А.В. Ермачихин, *Программа управления измерительным комплексом для локального исследования вольт-фарадных характеристик полупроводниковых материалов и структур*, Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ № 2016618137, (21 июля 2016 г.).